

自己紹介

ページをご覧くださいありがとうございます。

岐阜大学教育学部技術教育講座の中田隼矢と申します。岐阜大学にて、金属材料に関する研究室を運営しております。

専門は金属の強さに注目した研究となり、岐阜大学に研究室を構えてからは、最新の研究に加え金属工芸などの日本の伝統的なものづくりに関する科学的研究にも取り組んでいます。その切っ掛けとなったのは、岐阜で古くから製作されている「日本刀」でした。



本プロジェクトについて、読売新聞さんの取材を受けている様子です。

本プロジェクトについて、読売新聞(岐阜掲載)・3月25日朝刊、朝日新聞(東海3県掲載)・4月4日夕刊に記事が掲載されました。写真は朝日新聞に掲載された記事となります。

日本刀の強さ 秘密解き明かす

岐阜大准教授 美しさに魅せられ科学的分析



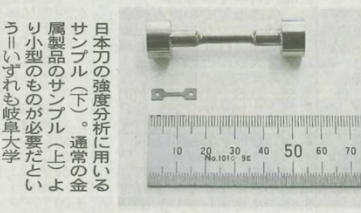
模造刀を見つめる中田准教授

ゲーム「刀剣乱舞」や漫画「鬼滅の刃」が人気となる中、岐阜大の研究者が日本刀の「強さ」を科学的に分析する研究に取り組んでいる。金属の強度分析が専門で、日本刀を鑑賞するうちにその美しさに魅せられたという、鎌倉時代の「正宗」の名刀をはじめ、今は失われた古来の製法をいずれ解き明かしたいという。岐阜大教育学部の中田准教授（41）は室蘭工業大大学院を修了後、神戸製鋼所の研究所や岡山大に勤務。自動車の部品の強度などを研究してきたが、岐阜大に赴任後の2019年、冬、日本刀と出会った。岐阜には名刀工「関の孫六」でも知られる「刃物」のまち「関市がある。教員を志す学生に県内の伝統産業を教えようと、中田さん自身が日本刀について

放っておいたら朽ち果てる。それなのに、平安時代に造られた刀がしっかり手入れされた刀が、今もきれいな状態で残っていた」と話す。専門の強度分析にも取りかかった。刀にならなかつた素材を国内の刀匠から譲り受け、サンプルを切り出した。

200万円募る

鋼は製造時の熱のかけ方や形の変え方で特性が大きく変わる。中田さんによると、日本刀は外側に炭素量が多い硬い鋼を用い、鋭い切れ味を出す。だが、内側は炭素量が少ない「ほどほどの硬さ」にして衝撃を逃がす。この構造が「折れず、曲がらず、よく切れ」とされる「秘密」だ。CFは3月中旬からスタートし、200万円を募っている。サンプルの加工費（約50枚分、50万円）や精密切断機（約100万円）などに充てる予定で、現時点で60万円を超える資金が集まっている。CFは第2〜4弾も計画中で、美術品として評価が高いのに、今は完全に再現できないと言われる平安や鎌倉時代の名刀の製法を解き明かしたいという。



日本刀の強度分析に用いるサンプル（下）、通常の金属製品のサンプル（上）より小型のものが多かった

今回のCFは今年28日まで。詳細はCF「日本刀の製法解明へ」<https://readyfor.jp/project/s/token>（高木 大）

- 本記事を朝日新聞社に無断で転載することは禁じられています
- 本記事は朝日新聞の2022年4月4日の夕刊(東海地方)に掲載され、同社より2次利用の承諾(承諾番号 22-1034)を得ています。

研究の立ち上げのきっかけ

1000年を生き続けた日本刀。長い年月を経ることで、古い時代の製法は徐々に失われていきました。

日本刀は平安時代の終わり頃に誕生したとされ、現在では美術工芸品として国内外の幅広い世代に愛されています。

現在まで伝わる日本刀の製法は江戸時代頃のものとなっており、科学的にも無駄のない洗練されたものです。ものづくりに関わる一人として、手仕事によるものづくりの極みの一つだと思います。その一方で、古い世代の製法は徐々に忘れ去られ、美術工芸品として評価の高い平安から鎌倉時代に作刀された日本刀を完全に再現することはできなくなっています。

日本刀は鉄を徹底的に鍛え上げることで作られており、この製法を科学的に理解するための中核となる学問は材料科学となります。既に 100 年あまり、材料科学に基づく日本刀の分析が続けられていますが、古い製法も含め未だわからないことが残されています。



日本刀の鍛錬の様子

日本刀の素材となる鋼の強さに注目しました。

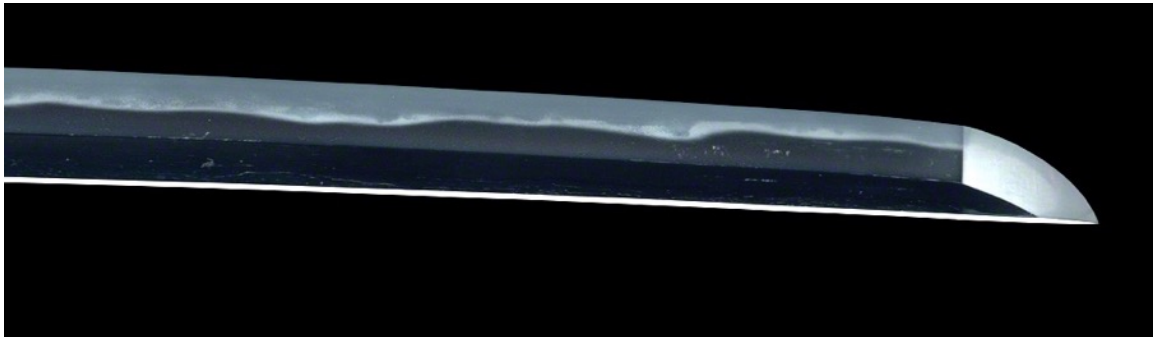
日本刀に関する材料科学的研究は、1900 年代初頭の東京帝国大学の冶金学者・俵国一博士によるものが礎となっています。

俵先生は、当時最先端だった光学顕微鏡を用いて日本刀の金属組織を詳細に調査しています。現在に至るまで、日本刀の材料科学的研究は金属組織の評価が主となっており、多くの有益な知見が蓄積されています。一方で、「**日本刀の強さ、特に素材となる鋼(鉄に炭素が混ざったもの)の強さ**」に注目した研究が非常に少ないことに気が付きました。

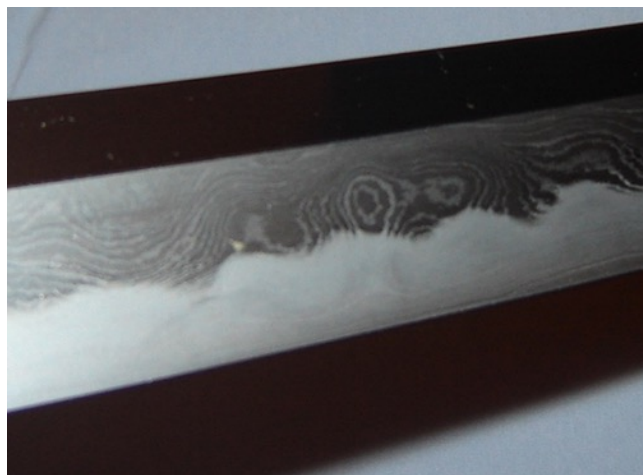
鋼を徹底的に鍛え上げることで美しさも兼ね備えていった日本刀

現在まで伝わる日本刀の製法において、特に重要となる工程は「折返し鍛錬」、「造り込み」、「焼入れ」となります。「折返し鍛錬」によって日本刀の素材となる鋼を徹底的に鍛え上げ、粘り強い(=壊れにくい)鋼としています。「造り込み」によって、外側は硬質な鋼、内側は粘り強さを重視した鋼(もしくは鉄)とすることで、刃物としての切れ味と耐久性(曲がりにくく、折れにくい)の素地をつくり、「焼入れ」によってそれを仕上げます。

金属は硬くなるほど壊れやすくなりますが(お煎餅やガラスのような状態)、これらの工程を組み合わせることによって、「折れず曲がらずよく切れる」という本来は両立できないはずの特性を実現しています。そして、日本刀に美術品としての価値を具備している刃文は焼入れ、地金は折返し鍛錬によって生じます。日本刀の本来の用途は武器であり、武器としての性能を向上させるための特殊な製法によって美しさも兼ね備えることになった、世界的にも極めて特異な刀剣です。

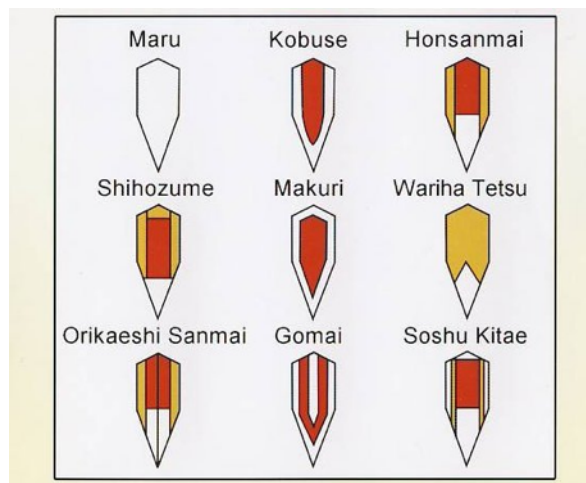


日本刀の刃文。上側のやや白い部分が刃文となり，刃文の中でも様々な変化が生じています。Wikipedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:刀_銘_長曾祢興里入道庵徹_Katana_Nagasone_Kotetsu.jpg より抜粋, 2022/03/20 閲覧



日本刀の地鉄。中心付近の木材の木目のような模様が地鉄の様となります。Wikipedia, Japanese swordsmithing, https://en.wikipedia.org/wiki/Japanese_swordsmithing より, 2022/03/20 閲覧

しかし、日本刀が誕生した初期はこれらの製法はまだ未発達だったとされ、刀匠達の何世代にも渡る創意工夫の末、**鋼の強さを最大限引き出すこれらの製法に至った**と考えられます。武用の日本刀と美術性を重視した日本刀の作刀方法は必ずしも同一ではないと思われませんが、基本となる製法は共有しています。したがって、**材料科学に基づいて日本刀を分析するのなら、刀匠の手によって日本刀へと鍛え上げられた鋼の強さを調べるこそが、古の製法を理解する上で最も重要な手がかりの一つ**になるのではと考えています。



硬軟の鋼を組み合わせる造り込みの例。中央部のイラストが造り込みの模式図となり、白が硬い鋼、黄色がやや硬い鋼、赤が柔らかい鋼となります。(Wikipedia, Japanese swordsmithing, https://en.wikipedia.org/wiki/Japanese_swordsmithing より一部改変して抜粋, 2022/03/20 閲覧)

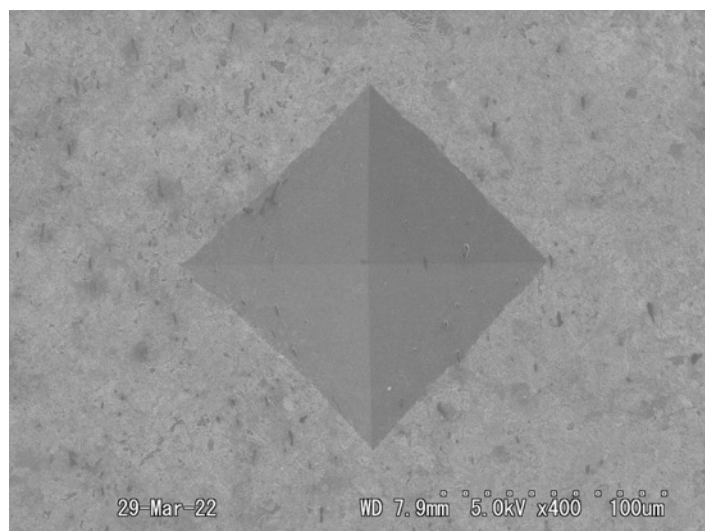


実体顕微鏡で観察した薬品で処理後の日本刀断面。中心の細い横筋が柔らかい鋼となります。

鋼の強さとは？硬さは強さの目安に過ぎません

金属(鋼)の強さ(強度特性)は非常に多岐にわたります。その基礎的なものは引張特性, 圧縮特性, 延性, 靱性, 疲労特性, クリープ特性などです。では, 日本刀の鋼の強さに着目した科学的な評価は(一定の規格に準じた試験で, 定量性をもって他の結果と相互に比較できる試験), 私が文献を調査した限りでは特殊な手法で靱性を評価した論文が1件のみとなります。この著者である佐々木博士は, 現在は刀匠として活躍をされています。

一方で, 日本刀愛好家の皆様は, 「“硬さ”があるじゃないか」と思われるかもしれませんが, 通常, **金属の強度特性に“硬さ”は含みません**。日本刀の硬さ評価に多様されるのはビッカース硬さとなりますが, この試験は先端がピラミッド形状の微小な人工ダイヤモンドを表面に押し付け, その時に生じる傷(圧痕)の大きさで硬軟を調べます。硬さは分析用の特別なサンプルを用意せずに簡便に強さを計測できることが大きな利点です。しかし, 圧痕が生じる仕組みは極めて複雑なため, 前述の材料の強度特性と正確に結びつけることはできず, **あくまで強さの大ざっぱな目安に過ぎません**。特に, **壊れやすさを評価する延性や靱性を評価することができないため, 日本刀の強さを材料科学的に分析する上では不十分な結果となります**。



日本刀から切り出したサンプルに対して実施したビッカース硬さ試験の圧痕を走査型電子顕微鏡で観察

した結果

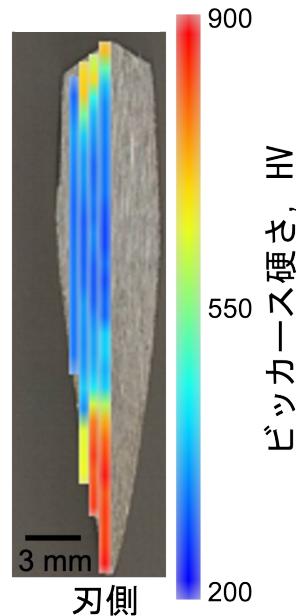
なお、昭和初期頃までは、日本刀を直接壊すことでその強さを調べることも行われていました。例えば、日本刀の上におもりを落とし、壊れるか？などです。日本刀の強さ(折れにくさなど)を調べるためには、この方法が最も有効です。しかし、日本刀を破壊してしまうこと、さらに日本刀の強さは、折り返し鍛錬や造り込み、焼入れの積み重ねによって生じており、**刀身を単純に壊す試験ではどの工程によって強さが向上/低下したのかを科学的に分析することは極めて困難**となります。そのため、今回の議論ではこれらの結果は含めていません。

なぜ日本刀の強さに関する分析が硬さ試験に限られるのか？

では、なぜ硬さ以外の試験がほぼ行われていないのでしょうか？それは、**試験を行うためのサンプルを取り出すことが物理的に不可能**であるためだと思われます。分析手法にもよりますが、試験を行うためには大きなサンプルを準備する必要があります。例えば、最も基礎的な強度特性である引張特性の評価には、ペンや小振りな定規程度の大きさのサンプルが必要となります。しかし、日本刀は薄肉であること、さらに造り込みと焼入れによって**内部の強度が複雑に変化**しており、下図に示す硬さ試験のように**数ミリ場所が異なるだけで、全く異なる強さ**を示します。正確に強度特性を計測するためには、**同じ強度の場所からサンプルを取り出す必要**があります。しかし、僅か数ミリの狭い場所から大きなサンプルを取り出すことは不可能です。



丸棒型の引張試験片。中央の細い部分は直径 6mm となり、このサンプルを真っ直ぐ引張ることで、中央の細い部分のみが変形します。



日本刀断面の硬さ試験結果

加えて、この評価のためには文化財でもある日本刀を切断する必要があることも、要因の一つと思われます。しかし、過去、日本刀を破壊する分析が行われていた頃でも、硬さ以外は評価されていないようです。その要因は、やはり日本刀から試験のためのサンプルを取り出すことができないことも主要因の一つではと考えられます。

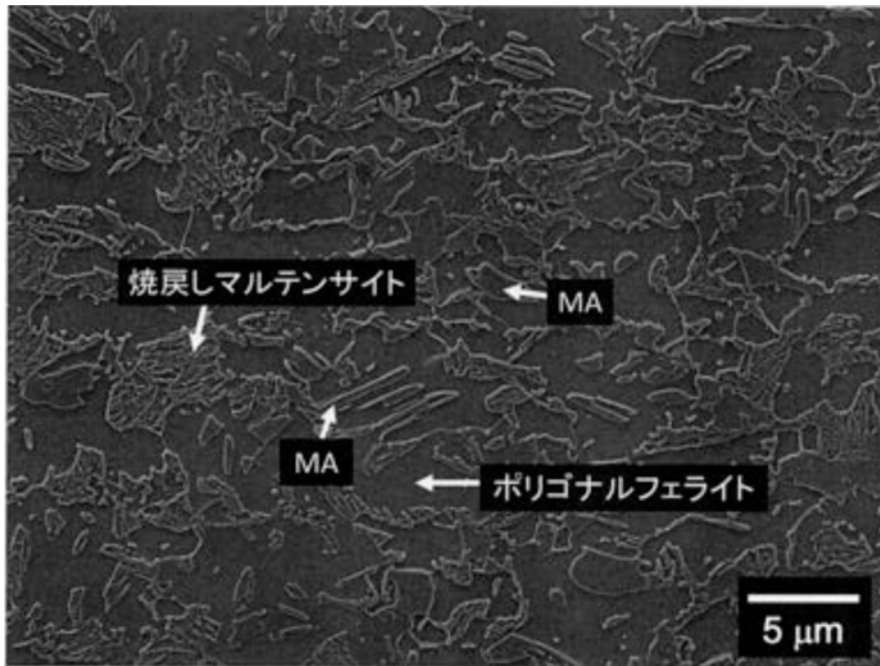
現在の日本刀ともいえる最新の鉄鋼材料・超ハイテンを創り出した実績があり、その知見が活きます

現在の自動車のフレーム(骨組み)には、非常に強度(主に引張特性)の高い鋼・超ハイテン(超高張力鋼板)が用いられています。超ハイテンは、安全性の向上や軽量化のために最大限強度を上げつつ、複雑な部品形状に加工することができる延性(変形できる度合い)も兼ね備えています。つまり、超ハイテン単体で日本刀と同じ様な特性を実現しているのです。※詳細は、新着情報をご覧ください。

では、なぜ超ハイテンは「折れず曲がらず」を実現できるのでしょうか？それは、金属組織内に硬い組織と柔軟な組織をバランスよく分散させ、金属組織の中で日本刀の造り込みと同等の構造を実現しているためです。私は、以前鉄鋼メーカーの研究所でこの超ハイテンの研究開発に従事し、新しく創り出したいくつかの超ハイテンで特許も取得しています。この経験が日本刀研究にも大きく役立つと考えています。



外装が取り外され、フレームが見える状態で展示されている自動車。色が異なるフレームは、強度特性が異なるハイテン・超ハイテンが用いられています。(トヨタ会館展示, 2018年8月撮影)

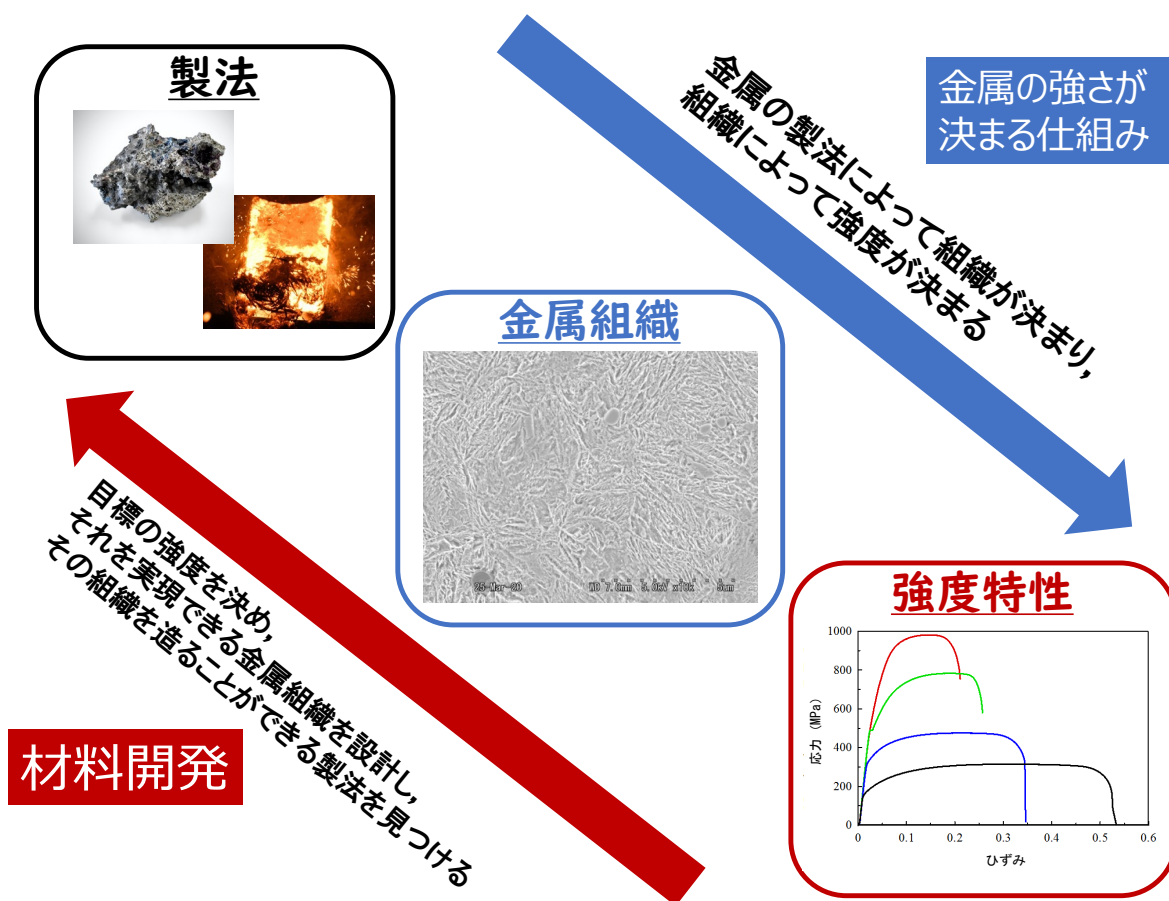


鉄鋼メーカー在職中に開発した引張強度 980MPa 級超ハイテンの組織写真(中田他, 特許 6290074 より抜粋)

金属の強さが決まる仕組みと現在の材料開発の方法

金属材料の「製法」・「金属組織」・「強度特性」には、以下の図のような関係があります(図中の青のライン)。一見すると単純な関係のようにも見えますが、考慮すべき主な条件は表の通りとなり、極めて多岐にわたります。例えば、日本刀の刃は「マルテンサイト」と呼ばれる非常に硬質な組織の鋼であることが知られています。しかし、このマルテンサイトも製法によって状態が様々に変化し、それに伴い強度特性も変化します。そのため、その金属組織だけの情報で強さや製法を特定することは、極めて困難です。現在の最新の研究である非破壊検査による日本刀の分析についても、おそらく同様の問題があると思われます。

一方で、前述の超ハイテンの開発は、次のような手順で行っていました(図中の赤のライン)。自動車用のフレーム材料として要求されている強度を決め(開発目標)、それを実現できる金属組織を設計し、その金属組織を実際に造ることができる製法を考案しました。もちろん、一度の検討で成功することはなく、トライアンドエラーの繰返しとなりますが、基本方針はこの通りとなっています。このプロセスを日本刀の製法解明にも適用できないかと考えています。そのために必要となるのが強度特性であり、まずは製法の影響をダイレクトに受ける引張特性を評価したいと考えています。



金属材料の製法, 金属組織, 強度特性の関係

製法の条件	金属組織の条件	金属が強くなる条件
<ul style="list-style-type: none"> 鉄に含まれる元素の種類と量 加熱前の加工の有無 加熱温度 加熱時間 加熱後の冷却速度 冷却時の到達温度 冷却時の到達温度と保持時間 冷却後の再加熱 	<ul style="list-style-type: none"> 得られる組織の種類 組織の大きさ 組織の割合 組織の分布の仕方 組織の形状 組織の特性 	<ul style="list-style-type: none"> 固溶強化 析出強化 結晶粒微細化強化 転位強化

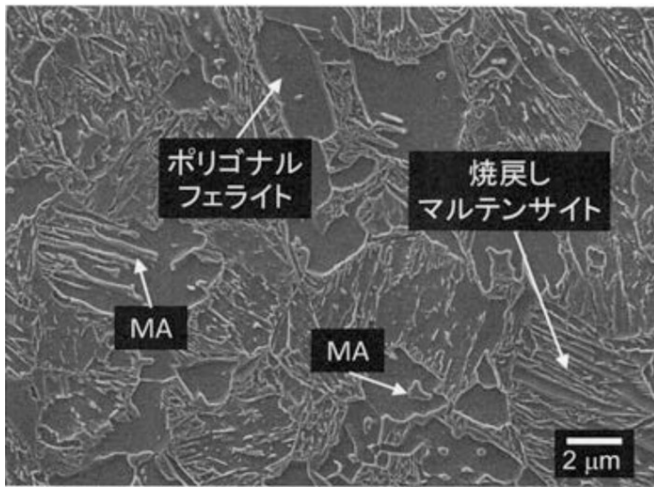
最も基本的な強度特性, 引張特性の評価。製法の影響を強く受け, 「折れず曲がらずよく切れる」を科学的に真に理解するための最重要特性の一つ

本研究では, 失われた日本刀の製法解明のため, 刀匠の手によって日本刀へと鍛え上げられた鋼の引張特性の評価を行います。この意義は, 大きく二つあります。

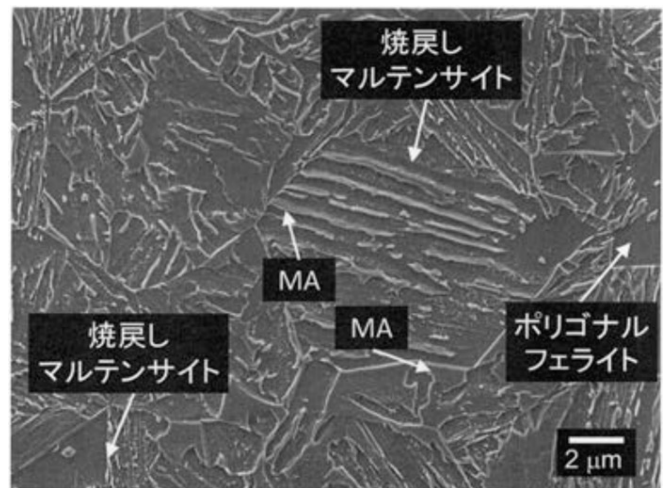
第一に, 引張特性は製法の影響を強く受け, 僅かな製法の変化が直接数値として得られます。これは, 定量化(数値化)しにくい金属組織と比べて大きな利点となります。第二に, 引張特性は日本刀の構造体としての強度「折れず曲がらずよく切れる」を決定付ける重要特性の一つであり, これらを科学的に真に理解するための大きな手がかりとなることです。

※引張特性の詳細は, 新着情報をご確認下さい。

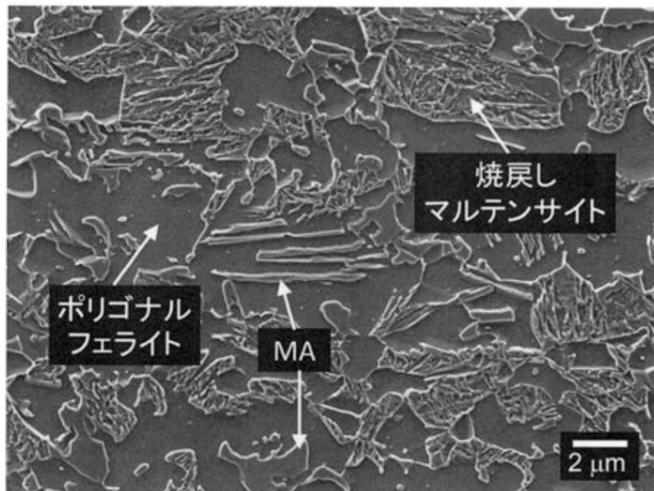
下図は, 私が発明した4つの超ハイテンの組織写真となります。これらは全て別の材料となり, 引張試験で計測される強さは全て同じであるものの, 変形できる度合い(延性や靱性)を変えた鋼となります。右下の写真を除いて, 混ざっている元素の種類は全く同じで, 熱処理条件だけを変えた鋼です。この写真を見て, 違いがわかりますでしょうか?ここでは特に違いが分かりやすい部分をピックアップしているため, 比較的わかりやすいです部類となります。しかし, 実際の鋼の中には, この様な金属組織が一見するとランダムに形成されているため, 前情報なしで見分けることは難しいです。しかし, ここで引張などの強度試験の結果があれば, その特性を得るための組織に注目して観察を行い, その組織の状態によって製法を予測する大きな手がかりとなります。



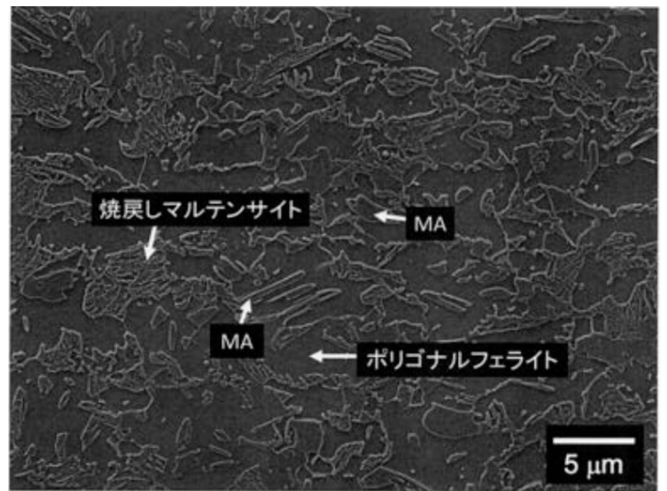
中田他, 特許6473022 より抜粋



中田他, 特許6472692 より抜粋



中田他, 特許6434348より抜粋



中田他, 特許6290074より抜粋

980MPa級超ハイテンの走査型電子顕微鏡による金属組織の観察結果。全て引張強度は同じですが、延性などが異なる鋼です。

第二に、日本刀の強度、「折れず曲がらずよく切れる」を決定付ける重要特性の一つであることです。これについては、後述している本研究のステップ 3 で実施することになるため、そちらに詳細を記載しています。

本プロジェクトの第一目標: 微小サンプルを用いてこれまで評価できなかった日本刀中の鋼の引張特性を評価

今回、私の専門である微小なサンプルを用いた試験技術を用いて、日本刀内の引張特性を精緻に評価します。具体的には、日本刀内の引張り特性が変化していると思われる各部位より、写真の様な微小なサンプルを採取し、日本刀として鍛え上げられた鋼の引張特性を正確に評価したいと考えています。

本研究の分析で用いる日本刀は、刀匠より提供いただいた何らかの理由により美術刀剣や居合刀などとはならなかった現代刀、あるいは既存の研究において既に切断済みの刀剣などを用います。損傷がない未切断の刀剣を破壊して分析に用いることはありません。これらの日本刀を用いて、まずは初期検

討を行いたいと考えています。既に予備的な試験は実施しており、**日本刀に用いられている鋼の強さを調べる**ことが**おそらく可能**であると考えています。

しかしながら、分析対象が既存の研究などにより切断済みの刀剣などであったとしても、貴重なものには変わりなく、使用するサンプルの数は最低限に留めたいと考えています。そのため、本格的な検討のためには、本研究の有効性をしっかり示すことに加え、分析に必要なサンプル数をしっかり整理する必要がありますと考えています。今回の研究では、これらのことを明らかにするための初期検討となります。



標準的な引張試験用サンプルと本研究で用いる微小サンプル

なお、前述の佐々木博士（佐々木刀匠）が実施された試験法も、種類は異なりますが微小サンプルを用いたものであり、この成果が博士論文の一部となっているようです。

ご支援いただいた寄付の具体的な用途 1: サンプルの加工費用

1点目は、サンプルの加工費用です。本研究で用いるサンプルは非常に微小であるため、日本刀からサンプルを切り出すために、サンプル一枚あたり約1万円が必要となります。

前述の通り、日本刀内の位置が1ミリ異なっただけで全く別の特性になります。本実験で用いる微小サンプルの厚さはある程度変えることができ、実用的な範囲ならば0.5~0.8mm程度の厚さが適当になります。しかし、薄くするほどサンプルの扱いが難しく、実験に悪影響が生じる場合があります。そのため、日本刀内部の特性の変化と、それを調べるための適切なサンプルの厚さを調べたいと考えています。そのためのサンプル加工費用として約50枚分の50万円が必要となります。

ご支援いただいた寄付の具体的な用途 2: 低速精密切断機の購入費用

さらに、このサンプルを切り出す前には、その場所がどのような金属組織の状態になっているかを事前に把握しておく必要があります。

金属組織と強さの関係をしっかり関連付けることができれば、これまで蓄積された金属組織評価を中心とした日本刀に関する研究知見、そして近年行われている加速器などを用いた非破壊検査(我々が受ける健康診断のように、壊さずに内部の様子をある程度把握できます)によって、製法に関する情報が得られるかもしれません。

このためには、サンプル採取前の日本刀を電子顕微鏡等で観察する必要があり、そのためには日本刀をある程度小さいサンプルに切断する必要があります。しかし、汎用の切断機は切断時に大きく熱を持つため日本刀の特性が低下してしまう可能性があること、切りしろが大きく日本刀自体が大きく削り取られること、切断位置の微調整もできないなどの問題があります。これらを解決できる研究用の精密切断機が必要となり、その購入費用約 100 万円をご支援いただきたいのです。

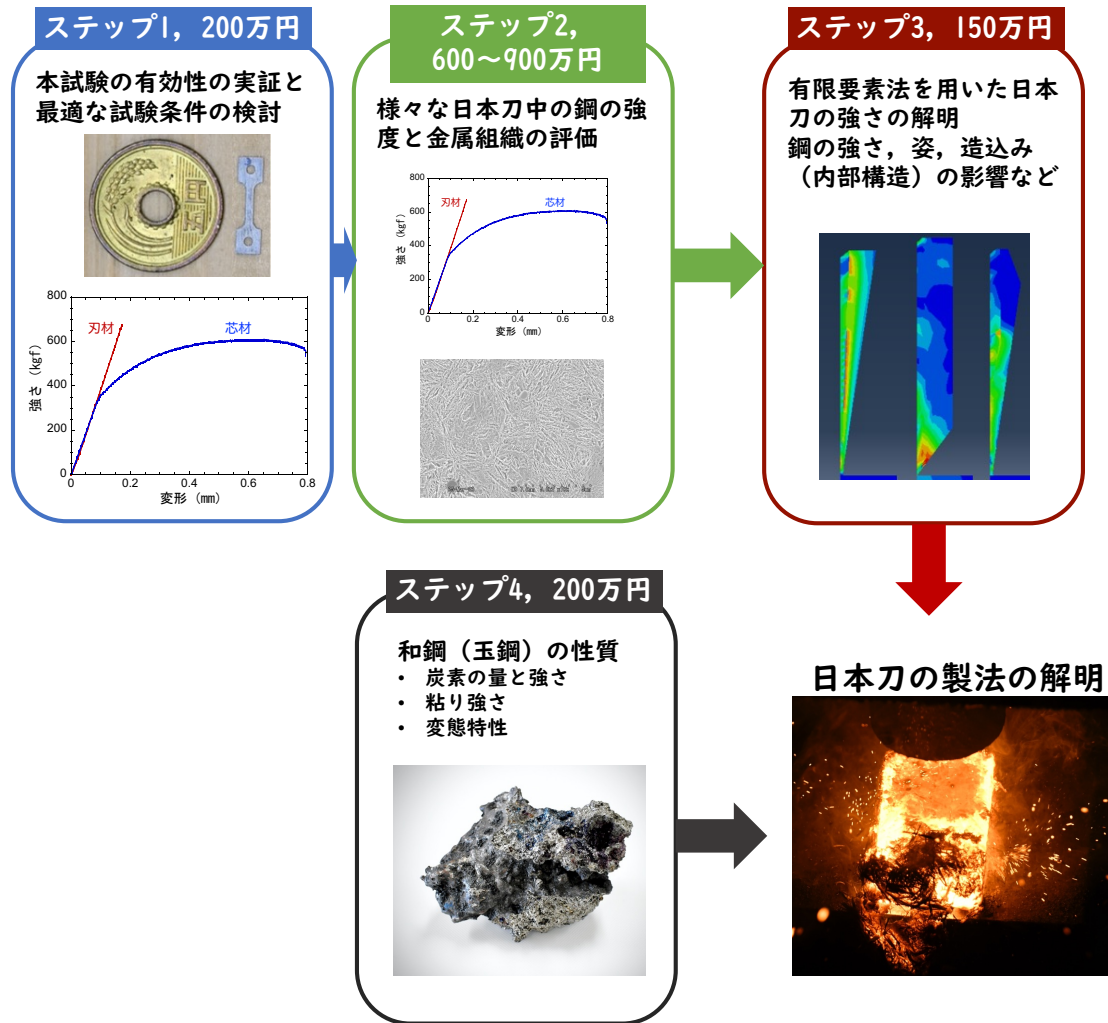
クラウドファンディングを行う理由

現在、国から国立大学に投入される資金は大幅に減少しています。それに伴い、大学から教員に配分される教育・研究費も大幅に削減され、研究に使用できる資金はほぼない状況です。

そのため、外部の公的機関や民間から資金を獲得することが求められていますが、本研究のような基礎研究で資金を得ることは難しくなっています。この研究のために3年程度をかけて準備を行い、あとは資金面さえ解決できれば研究を遂行できる状況です。資金面の問題を解決するため、皆様のお力をお借りしたくクラウドファンディングを行うことになりました。

研究の様々な展開を計画しています

上記の研究は、鋼の強さに着目した日本刀の製法解明のプロジェクトのステップ1となり、ステップ2~4へと発展させることを計画しています。図は本プロジェクトの全体像とそれに要すると思われる研究資金(仮)となります。



ステップ2: 様々な日本刀の引張特性を評価。さらに、日本刀の破壊起点を評価するための破壊靱性試験も実施。

ステップ2では、ステップ1で確立した分析方法を用いて、種々の日本刀の強さを評価したいと考えています。あわせて、金属組織も評価することによって、日本刀となった鋼の強さとその金属組織の関係を体系的に整理します。これによって、**これまで調べられてきた金属組織の情報から、その強さもおよそ推定できるようになる**ことが期待されます。

さらに、金属の壊れやすさを評価する**破壊靱性**も微小なサンプルで評価したいと考えています。この結果より、**刃に衝撃を与えたときに生じる亀裂の発生条件を明らかにすることができ、ステップ3で武器としての日本刀の強さを分析するために不可欠な情報**です。

ステップ2で行う引張試験は試験数が膨大になる可能性、さらに発展的な試験である破壊靱性を行うために、微小サンプルに特化した試験装置が必要になってきます。このための試験機の整備費用として600~900万円程度を見込んでいます。

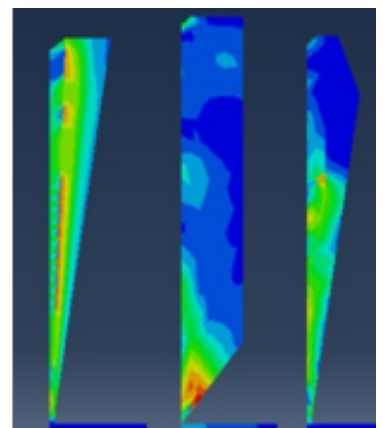
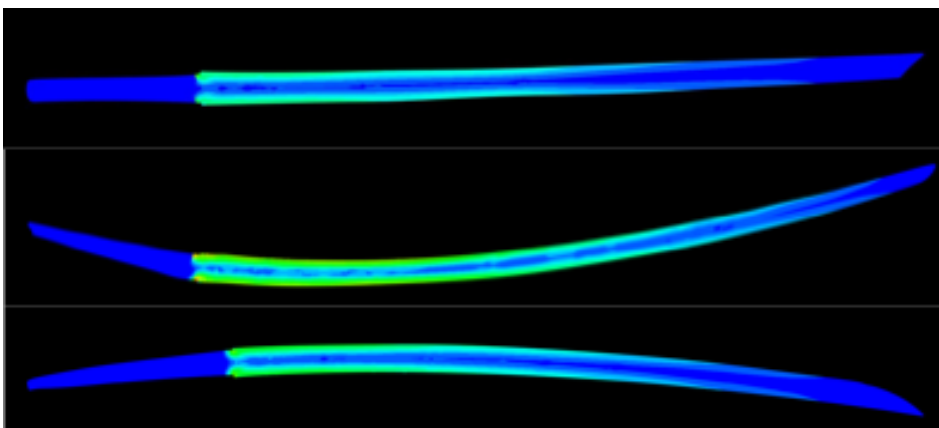
ステップ3: 仮想空間での日本刀の再現。古の刀匠の作刀思想を蘇らせる。

ステップ2で明らかにする日本刀となった鋼の強度特性をコンピューター上で統合することで、**仮想空間で日本刀の再現**を試みます。ステップ2までの評価はあくまで日本刀内の鋼の強さに過ぎません。作刀条件を知る上で必要不可欠なデータとなりますが、強度特性が異なる鋼が一体となった日本刀が「折れず曲がらず」をどの程度実現できるかまでは判断できません。しかし、**刀内の精密な引張特性のデータがあれば、仮想空間で日本刀を再現することが可能**となります。特に、ステップ2で実施予定の**破壊靱性**に関する結果があれば、**刃に衝撃が加わった際のき裂の発生それによる破壊を再現できる可能性があり、より現実**に即した**分析が可能**となります。本研究では、有限要素法(FEM)と呼ばれるシミュレーション法を用いて、コンピューター内に日本刀を再現します。この分析によって得られる知見として、主に以下の三点があります。

第一に、日本刀の構造強度(曲がりにくさ、折れにくさ)を科学的に精緻に分析できることです。日本刀は複雑な製法を組み合わせることで優れた強度特性を実現していますが、その**複雑さゆえにそれぞれの製法の影響を分離して評価することが難しい**です。今回の分析で実際の刀剣の引張特性を把握できれば、それを**基準として各製法の影響(造り込みの違い、鋼の硬軟の度合いの変化、形状(姿や重ねなど)の違いなど)**を分析することが**非破壊で分析することが可能**となります。

第二に、第一の分析結果を通じて、その**刀剣の設計コンセプトのようなものが読み取れないか**、ということです。日本刀の形状は時代によって大きく変化していますが、その要因は戦い方の変化にある、とされています。では、その変化は形状だけだったのでしょうか？例えば、突くことと斬ることでは刀身に生じる負荷も異なるため、それに対応して内部の構造も変化しているかもしれません。また、我々が想像もしないような工夫が施されているかもしれません。今となっては、当時の刀匠達の声¹を直接聞くことはできません。しかし、**科学という道具を通じて、彼らが鍛え上げた鋼の声を丹念に聞くことができれば、古の刀匠達が刀剣に込めた想いを感じ取ることができる**、そんな期待をしています。

第三に、**科学的に最適化された「最強の日本刀」のようなものを仮想的に設計**することが可能になると考えられます。もちろん、絶対に折れない曲がらない、という物理現象を無視したことは不可能ですが、突くことに特化、斬ることに特化、必要最低限の切断能力を維持しつつ最大限折れにくい構造、などを設計することが理屈としては可能となります。現在の居合術などの武用用途で、このような需要があるかはわかりませんが、**様々な設計コンセプトの日本刀を検討することは、過去から現在まで数多造られている日本刀の製法を理解する上で有益だ**と考えています。



有限要素法(FEM)で分析した日本刀のデモ解析の結果です。あくまでデモ的な解析となりますので、これ自体で科学的な議論が行えるようなものではありません。左図は、e 国宝のデータベースより得た上から水龍剣、三日月宗近、正宗(名物観世正宗)の姿を2次元で再現し、切先に上向き(正宗の場合は下向き)の力を掛けた際に刀内に生じる力(相当応力)。右図は平造、切刃造、鎚造の断面形状を持つ物体に対して、先端に衝撃を与えたときに刀内に生じる力(相当応力)。鎚造りは甲伏せの構造をとっており、簡易的に硬軟の強度特性を設定しています。それも寄与してか、刃先に大きな力は生じておらず、刀身全体で力を分担しているかも?、しれない様子です。

科学的に分析する際の基本は、条件をできるだけ単純化し分析したい要素だけを変えることです。複雑な条件や複数の要素を同時に変えると、何が要因となって分析結果が変化したかの特定が難しくなります。単純化した条件で十分な知見が得られた後に、他の要素も組み合わせることで、徐々に複雑な条件へと発展させていきます。

ステップ 4: 和鋼(玉鋼)の秘密の解明

日本刀は鋼で作られています。現在の我々が用いている鋼とは原材料や作り方が異なり、砂鉄を用いた製鉄法であるたたら製鉄で作られていました。製鉄法そのものは海外からもたらされた技術となりますが、その後国内でアレンジが加えられ発展したことから、この製法で作られた鋼を和鋼と呼び、現在では玉鋼と呼ばれることが多いです。

日本刀の製法を理解するためには、和鋼の性質を理解することも重要となります。ステップ 2、3 の検討より作刀方法の思想(コンセプト)までを推定することができると期待していますが、それを具体的な製法(再現できる製法)とするためには和鋼の基礎的な特性についても、今一度整理する必要があると考えています。

分析のためには現在の和鋼(玉鋼)や古い和鋼などが必要になってきますが、あわせて研究室でもたたら製鉄を行うことで、和鋼の性質理解や製鉄法自体のノウハウなどを蓄積していく予定です。たたら製鉄については今年度の卒業研究から試験的に実施予定です。